

РЕФЕРАТ

Физика как отрасль естествознания, основные этапы ее развития

Введение

1. Становление физики

- 1.1. Зарождение научных знаний на древнем Востоке
- 1.2. Древнегреческий период
- 1.3. Эллинистический период
- 1.4. Греко-римский период
- 1.5. Физика средневековья
- 1.6. Физика в эпоху Возрождения

2. Формирования физики как науки

- 2.1. Особенности познавательной деятельности в XVII в.
- 2.2. Галилей и предпосылки классической механики
- 2.3. Ньютонианская революция

3. Классическая физика

- 3.1. Становление основных областей классической физики в XVIII в.
- 3.2. Классическая физика XIX века
- 3.3. Теория электромагнитного поля
- 3.4. Великие открытия и кризис в физике на рубеже веков

4. Современная физика

- 4.1. Релятивистская и квантовая физика
- 4.2. Физика атомного ядра и элементарных частиц
- 4.3. Направления современной физики
- 4.4. Большой адронный коллайдер

Заключение

Литература

ВВЕДЕНИЕ

Естествознание как совокупность наук о природе и её законах – неотъемлемая и важная часть духовной культуры человечества. Знание его современных фундаментальных научных положений, мировоззренческих и методологических выводов является необходимым элементом общекультурной подготовки специалистов в любой области деятельности. Поэтому, изучение естественных наук – важный фактор для подготовки современных образованных специалистов. Более того, как отмечает английский философ Карл Поппер, «в наши дни ни один человек не может считаться образованным, если он не проявляет интереса к естественным наукам. Обычное возражение, согласно которому интерес к изучению электричества или стратиграфии мало что дает для познания человеческих дел, только выдает полное непонимание человеческих дел. Дело в том, что наука — это не только собрание фактов об электричестве и т.п.; это одно из наиболее важных духовных движений наших дней. Тот, кто не пытается понять это движение, выталкивает себя из этого наиболее знаменательного явления в истории человеческой деятельности... И не может быть истории идей, которая исключала бы историю научных идей».¹

Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и законы её движения. Поэтому понятия физики и ее законы лежат в основе всего естествознания.²

История физики содержит немало событий и фактов, оказавших большое влияние на ход развития этой древней науки и составивших ее золотой фонд. Размещенные в строгой временной последовательности, они дают возможность проследить генезис основных физических идей и теорий, их взаимосвязь, преемственность и эволюцию, тенденции развития, а некоторые из них, в силу своей фундаментальной роли, открывают новые страницы в летописи физики, изменяя или пополняя научную картину природы.

¹ Цит. по: Горелов А.А. Концепции современного естествознания. – М., 2006. С. 3.

² Большая советская энциклопедия. CD-ROM.

1. СТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИКИ

1.1. Зарождение научных знаний на древнем Востоке

В ходе своей эволюции человек, наряду с фантастическими представлениями о природе, обогащался реальными знаниями о небесных светилах, растениях и животных, о движении и силах, метеорологических явлениях и т.д. Накопленные знания и практические навыки, передаваясь от поколения к поколению, образовывали первоначальный фон будущей науки. Решающую роль здесь сыграло возникновение земледелия. Там, где сложились условия для получения устойчивых урожаев на одном и том же месте и из года в год, создавались крупные поселения, города, а затем и древние государства. Такие условия возникли в Северной Африке в долине Нила, ежегодные разливы которого оставляли на полях плодородный ил, в дельте между реками Тигр и Евфрат, где уже в IV тысячелетии до н. э. стали складываться древнейшие рабовладельческие государства, ставшие колыбелью современной науки. Социальные потребности привели к появлению письменности: иероглифов в Египте, клинописи в Вавилонии, к возникновению астрономических и математических знаний.

Сохранившиеся до настоящего времени египетские папирусы II тысячелетия до н.э. содержат решение различных задач, встречающихся в практике, математические вычисления, вычисления площадей и объемов. Площадь круга египтяне вычислили, возводя в квадрат восемь девятых диаметра, что дает для числа π достаточно хорошее приближенное значение – 3,16. Египтяне разработали календарь, состоявший из двенадцати месяцев по 30 дней и пяти дополнительных дней в году. Месяц был разделен на три десятидневки, сутки – на двадцать четыре часа.

Высокого уровня достигли вавилонская математика и астрономия. Вавилоняне знали теорему Пифагора, вычисляли квадраты и квадратные корни, кубы и кубические корни, умели решать системы уравнений и квадратные уравнения. Им принадлежит также деление эклиптики на двенадцать созвездий зодиака.

Вавилонская и египетская наука возникли из потребностей практики. Что же касается теоретического мышления египтян и вавилонян, то оно не выходило за рамки анимизма и мифологии; монополия на объяснение тайн принадлежала жрецам.

1.2. Древнегреческий период

1.2.1. Начальный этап античной науки

Несмотря на огромные заслуги науки древнего Востока, подлинной родиной современной науки стала древняя Греция. Именно здесь возникла теоретическая наука, разрабаты-

вающая научные представления о мире, не сводящиеся к сумме практических рецептов, именно здесь разрабатывался научный метод. Если египетский или вавилонский писец, формулируя правило вычисления писал: «поступай так», не поясняя, почему надо «поступать так», то греческий ученый требовал доказательства.³

В древней Греции человеческий разум впервые осознал свою силу и люди стали заниматься наукой не только потому, что это нужно, но и потому, что это интересно, ощутили «радость познания», по выражению Аристотеля. Первые ученые стали называться философами, т. е. «любителями мудрости», и в греческом обществе возникла потребность в учителях мудрости, для удовлетворения которой появилась профессия ученого и учителя одновременно.

Возникновение греческой науки обычно относят к эпохе расцвета городов в Малой Азии (VII—VI в. до н. э.). Арена деятельности первых греческих ученых – ионические города Милет и Эфес, острова Средиземноморья, греческие колонии в Южной Италии. Родоначальник греческой науки Фалес Милетский (около 624–547 гг. до н. э.), а также другие представители *Ионийской (Милетской) школы* – Анаксимандр (около 610–546 гг. до н. э.) и Анаксимен (около 585–525 гг. до н. э.) – выдвинули идею о материальной первооснове всех вещей, об их развитии из этой первоосновы. Так, Фалес считал, что такой основой является вода, Анаксимандр – некое бесконечное и неопределенное начало «апейрон», Анаксимен – воздух. Развивая эти воззрения, Гераклит из Эфеса (около 530–470 гг. до н. э.) создал представление о мире как о вечно вспыхивающем и извечно угасающем огне. А его, ставшие крылатыми фразы «Все течет!» и «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку», отражали представления об изменениях в окружающем мире.

Почти одновременно с материалистическими представлениями ионийцев возникло идеалистическое направление в философии, развитое Пифагором (около 580–500 гг. до н. э.) и его учениками. Влияние *пифагорейской школы* было весьма значительным, и даже в эпоху Галилея учение о движении Земли именовалось «пифагорейским учением». Центральным пунктом философии пифагорейцев было учение о божественной роли чисел, которые, якобы, управляют миром. Пифагорейская мистика чисел до настоящего времени фигурирует в религиозных воззрениях, в магии, астрологии, в идеалистических системах. Вместе с тем в идее пифагорейцев о важности числовых отношений в природе имеется и рациональное зерно: количественный анализ, математические соотношения сегодня составляют основу научного описания природы. Важнейшей заслугой пифагорейцев является представление о шарооб-

³ Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 8.

разности Земли и о ее движении. Они выдвинули так называемую пироцентрическую систему, в которой Земля, Солнце, Луна и планеты движутся вокруг центрального огня.

Особое место в истории античной культуры занимает *Элейская школа* (г. Элея на юге Апеннинского полуострова). Представителям ее принадлежит великое открытие – наличие противоречия между двумя картинами мира в сознании человека. Одна из них – та, которая получена посредством органов чувств, через наблюдение; другая – та, которая получена с помощью разума, логики, рационального мышления. Основателем Элейской школы был Ксенофан – один из первых рационалистических критиков мифологического мировоззрения. Но слава Элеи связана с именами Парменида и Зенона. Парменид и его последователи убедительно показали, что результатом человеческого познания является не одна, а две различные картины мира: чувства дают одну картину мира, а разум – другую, причем эти картины мира могут быть принципиально противоположны. Легендарные апории Зенона не только вскрывали логические трудности, присущие понятию бесконечности, но и подводили к обоснованию существования этих двух различных картин мира.

Сами элеаты считали, что из двух картин мира подлинная та, которая постигается разумом. На этой основе они ввели качественно новое представление о первооснове мира, о его субстанции. Если у представителей Ионийской школы первооснова мира носит характер физического процесса, некоторой стихии (вода, воздух и др.), у пифагорейцев – абстрактно-математический характер (число), то у элеатов она является абстрактно-философской – бытие как таковое.⁴

Таким образом, уже на первом этапе возникновения науки были поставлены глубокие вопросы о строении и происхождении мира, о причине движения, о роли количественных отношений в природе и т. д. Пытаясь ответить на эти вопросы, ионийцы, пифагорейцы и элеаты положили начало теоретическому анализу природы, разработке научной картины мира. Древние греки сумели поставить задачу понимания природы без привлечения таинственных, божественных сил, такой, какова она есть.

1.2.2. Возникновение атомистики

Идея первичной материи (праматерии) ионийцев была очень привлекательной для многих ученых древности, однако всякий раз возникала трудность объяснения разнообразия вещей и происхождения изменений в мире. По этой причине Эмпедокл (около 490–430 гг. до н. э.) взамен ей выдвинул концепцию элементов, из которых построена Вселенная. Разнообразие вещей, по Эмпедоклу, обусловлено сочетанием четырех различных элементов – огня,

⁴ Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: М., 2007. С. 101.

воздуха, воды и земли, а причиной изменения в природе является действие притягательных и отталкивательных сил, которые у Эмпедокла носят названия Любовь и Вражда. Вечность перечисленных элементов и, следовательно, Вселенной обусловлена всеобщим началом сохранения: «Ничто не может произойти из ничего, и никак не может то, что есть, уничтожиться». С этого принципа Эмпедокла начинается история законов сохранения, играющих такую фундаментальную роль в современной физике.

С V в. до н. э. центр греческой науки переместился в Афины. Здесь появились учителя мудрости – первые научные школы. Здесь учил философ и физик Анаксагор (около 500–428 гг. до н. э.), создавший учение о «семенах» всех вещей и движущем начале «нус» (дух), сообщившем элементам материи вращательное движение, в результате которого образовалась Земля и все вещи. Анаксагор был современником основателей атомистики Левкиппа и Демокрита (около 460–370 гг. до н. э.). Основные принципы Демокрита⁵:

1. Из ничего не происходит ничего. Ничто существующее не может быть разрушено. Все изменения происходят благодаря соединению и разложению частей.

2. Ничто не совершается случайно, но все совершается по какому-нибудь основанию и с необходимостью.

3. Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства, все другое только воззрение.

4. Атомы бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме. В вечном падении через бесконечное пространство большие, которые падают скорее, ударяются о меньшие; возникающие из этого боковые движения и вихри служат началом образования мира. Бесчисленные миры образуются и снова исчезают одни рядом с другими и одни после других.

5. Различие между вещами происходит от различия их атомов в числе, величине, форме и порядке; качественного различия между атомами не существует. В атоме нет никаких «внутренних состояний»; они действуют друг на друга только путем давления и удара.

6. Душа состоит из тонких, гладких и круглых атомов, подобных атомам огня. Эти атомы наиболее подвижны, и движения их, проникающие в тело, производят все жизненные явления.

В учении атомистов существенную роль играет принцип сохранения, который был уже у ионийцев. Новым моментом является допущение пустоты. Ни у ионийцев, ни у пифагорейцев, ни у элеатов пустоте не было места.

⁵ Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 11.

1.2.3. Аристотель

Пелопонесская война (431–404 гг. до н.э.) привела к упадку Афин и афинской демократии. Происходили глубокие изменения и в идеологии. Материалистическая система ионийцев и атомистов вытеснилась идеалистической философией Сократа (469–399 гг. до н. э.) и его ученика Платона (427–347 гг. до н.э.). В трудах Платона содержался и ряд интересных физических идей, однако в историю науки он вошел по преимуществу как философ-идеалист. Но на долю ученика Платона, знаменитого мыслителя древности Аристотеля, выпала задача составить систематический свод научных знаний своего времени.

Аристотель жил в Афинах, в течение 20 лет учился в Академии Платона, был его лучшим учеником, но часто не соглашался со своим учителем («Платон мне друг, но истина дороже»). Впоследствии открыл в Афинах свою философскую школу – Ликей (Лицей). Ни один ученый не оказывал такого длительного и глубокого влияния на развитие человеческой мысли, как Аристотель. Его воззрения принимались за истину в течение ряда столетий, а в средневековых европейских университетах естествознание излагалось по Аристотелю.

Существенным моментом в представлении Аристотеля о материи является то, что она сама по себе является только возможностью возникновения реальной вещи, некоторым пассивным началом природы. Для того чтобы вещь стала реальностью, она должна получить форму, которая превращает возможность в действительность. Всякая вещь есть единство материи и формы, в природе происходят постоянные переходы материи в форму, формы в материю. Отсюда возникает учение Аристотеля о четырех действующих причинах: 1) материальной, 2) формальной, 3) производящей, 4) конечной. Активная производящая причина есть движение, конечная – цель.

Материя как возможность получила свое воплощение в представлениях современной теоретической физики о виртуальных частицах и полях. Что же касается концепции цели, т. е. программирования материальных процессов, то представление Аристотеля о том, что желудь стремится осуществить цель – превратиться в дуб, получило права гражданства в современной биологии. Согласно современным представлениям, в молекулах ДНК запрограммировано будущее развитие биологического объекта.

Движение Аристотель понимает как общее изменение, как активное превращение возможного в действительное. Механическое движение (фора) – это только один из видов движения, заключающийся в перемене места. Движения земных тел Аристотель разделяет на насильственные и естественные. Естественное движение – это движение тела к своему месту, например тяжелого тела вниз, а легкого – вверх. Оно происходит само собой и не требует

приложения силы. Все остальные движения на Земле - насильственные и требуют применения силы. Аристотель предполагал, что любые насильственные движения, даже равномерные и прямолинейные, происходят под действием силы. Основным принципом динамики Аристотеля: «Все, что находится в движении, движется благодаря воздействию другого».⁶ При этом он полагал, что скорость пропорциональна действующей силе. В современной формулировке закон движения Аристотеля выглядит следующим образом:

$$Ft \approx mL,$$

где F – сила, действующая на тело, t – время движения, m – масса (вес); L – пройденный путь.

Время Аристотель связывает с движением, оно служит своеобразной мерой движения, «числом движения». Наиболее простым Аристотель считает равномерное круговое движение, «так как число его является самым известным». Астрономическая практика, давшая основу измерения времени, отразилась в аристотелевской концепции времени.

Пустота, невесомость, по Аристотелю, неестественны, невозможны. Аристотелевский физик – это человек, живущий в воздушной среде на неподвижной Земле, в поле тяготения этой Земли и не мыслящий мир без этих атрибутов.⁷

Цвета, по Аристотелю, обусловлены смешением темного и светлого. Вообще физика Аристотеля широко оперирует с противоположными качествами: тепло – холод, сухость – влажность, тьма – свет. Эта «физика качеств» получила широкое распространение в эпоху средневековья.

Таим образом, физика Аристотеля включала отдельные верные положения, но в то же время в ней отсутствовали многие прогрессивные идеи предшественников, в частности атомная гипотеза. Признавая значение опыта, Аристотель не считал его главным критерием достоверности знания, отдавая предпочтение умозрительным представлениям. Он принимает геоцентрическую систему мира и концепцию ограниченной Вселенной, расслоенной на сферы движения небесных светил. Естествознанию предстояло пройти длительный путь поисков и борьбы, чтобы прийти к иному миропониманию. Однако научное наследие Аристотеля огромно, оно образует полную энциклопедию научных знаний своего времени. Он положил основание и истории науки – в его «Метафизике» мы находим мысли о возникновении науки и искусства, обзор и критический анализ результатов работ его предшественников.

Аристотель был крестным отцом физики как науки. Название его книги, посвященной исследованию природы, – «Физика» – стало названием физической науки. Но, все-таки,

⁶ Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. М., 2007. С. 111.

⁷ Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 16.

древнегреческий период можно назвать периодом нерасчлененной науки. Физической науки еще не существовало. «Физика» Аристотеля была своеобразной философией природы, собранием некоторых общих идей и понятий «о сущем», а «физика» его учителя Платона сводилась «к некоторым отвлеченным формам и отношениям»⁸.

1.3. Эллинистический период

1.3.1. Развитие науки в эпоху эллинизма

Войны Александра Македонского (356 – 323 гг. до н. э.) изменили лицо древнего мира и привели в соприкосновение греческую и восточную цивилизации. Из этого контакта возник сплав культуры, играющий большую роль в мировой истории, и в частности в возникновении и развитии христианства. Дата смерти великого полководца может быть условно названа началом эпохи эллинизма (эллины – греки) – качественно своеобразного периода в истории культуры. Он сформировался как результат экспансии на Восток материальной культуры, достигнутой греческими полисами. На обломках распавшейся огромной империи возникли новые государства, новые центры торговли, ремесла, науки и культуры.

Новые торговые, политические и экономические связи охватили огромную территорию от Индии и Средней Азии до Пиренеев. Астрономия, география, а с ними и естествознание в целом стали общественно необходимыми. Не случайно наследники империи Александра проявляли большую заботу об ученых, создавали условия, обеспечивающие им возможность спокойной научной работы. Уже первый Птолемей привлекал в Александрию ученых, создавал библиотеку, при втором Птолемеи возникло знаменитое научное учреждение древнего мира – Александрийский музей. Если Академия Платона и Лицей Аристотеля были предшественниками современных университетов, в которых сочетается научная и педагогическая работа, то Александрийский музей можно рассматривать как предшественник современных научно-исследовательских институтов. К услугам ученых были библиотека, обсерватории, коллекции, они получали полное содержание и могли не заботиться о средствах к существованию. Все это обеспечило ведущую роль Александрии в научном прогрессе эллинистической эпохи, так что нередко эллинистический период в истории науки называют Александрийским.

Почти каждый ученый эллинистической эпохи был связан с Александрией, если не личным контактом, то научной перепиской, которая в этот период получила большое развитие. Знаменитый Архимед сообщал свои результаты в форме писем, направленных из Сиракуз

⁸ Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М., 1965. С. 57.

александрийским математикам. В Александрии жили и работали крупные ученые: геометр Евклид, географ и математик Эратосфен, астрономы Конон, Аристарх Самосский и позже Клавдий Птолемей.

Естествознание в эту эпоху стало переходить из сферы отвлеченного, философского размышления о природе в сферу конкретных фактов и явлений. Математика, механика и астрономия наряду с другими отраслями знаний достигли своего наивысшего развития. Наука перешла от рассмотрения мира в целом к дифференцированному знанию, из единой науки выделились и развились отдельные науки, естественные и гуманитарные.

1.3.2. Атомистика Эпикура–Лукреция

Последним великим представителем афинской науки и философии, развившим учение Демокрита о природе был Эпикур (341–270 гг. до н. э.), позднее воспетый римским поэтом и философом Лукрецием Каром (около 99–55 гг. до н. э.) в своей знаменитой поэме «О природе вещей», ставшей классическим произведением научного естествознания.

Учение Эпикура о природе основано на концепции атомов Демокрита, но несколько отличается от демокритовского. Хаотическое движение атомов Эпикур объясняет иначе, чем Демокрит, он отступает от строгого детерминизма Демокрита. Эпикур не признает различия в скорости падения малых и больших атомов. В пустом пространстве все частицы движутся с одинаковой скоростью. Но в некоторые моменты самопроизвольно возникают случайные небольшие отклонения той или иной частицы от прямолинейного пути. Эти отклонения Эпикур считал необходимыми, чтобы объяснить свободную волю людей, так что атомы как бы также обладают некой «свободой воли». Следует допускать небольшие случайные отклонения атомов в неопределенных местах, в неопределенные моменты времени («не в положенный срок и на месте, дотоль неизвестном»). Так впервые в истории науки в научный анализ наряду с необходимостью вводится случайность.

Этот бесконечный мир не имеет никакого центра. Учение Аристотеля о естественном центре Вселенной атомисты отвергают. Они ввели в науку плодотворную идею, прошедшую через века, развившуюся в наши дни в могучую науку об атоме и атомном ядре. Они построили первые научные теории явлений природы, основанные на идее атомов.

Атомистика Эпикура–Лукреция продолжала линию научного развития доаристотелевского периода, но носила и существенно новые черты: она более конкретна, более «физична», чем атомистика Демокрита. Атомы Демокрита по существу чисто геометрические образы, они характеризуются только формой и объемом. У Эпикура и Лукреция атомы обладают

весом, плотностью (твердостью) и, наконец, внутренней способностью к самопроизвольным отклонениям от прямолинейного движения.

1.3.3. Архимед и развитие механики

В эллинистический период характер античной науки, по сравнению с древнегреческим периодом, значительно изменился. Нерасчлененная античная наука стала дифференцироваться, из нее выделились медицина, астрономия, математика и механика.⁹ Из всех разделов механики в рассматриваемый период наиболее обстоятельно была разработана статика (и гидростатика). Основополагающую роль в их возникновении и разработке сыграл Архимед (около 287–212 гг. до н. э.).

Математик по образованию, Архимед был выдающимся механиком, блестящим инженером, конструктором машин и механических аппаратов. Архимеду принадлежит установление понятия центра тяжести тел, он теоретически доказал закон простого рычага, сформулировал правило сложения параллельных сил. В гидростатике Архимед открыл закон, носящий его имя, и теоретически его доказал.

Архимеду приписывают создание следующих механических конструкций: винт Архимеда, или «улитка» – усовершенствованная им машина, применявшаяся в Египте для поливки полей, различные военные машины, гидравлический орган, использовавшийся им для объяснения сущности души, а также планетарий – созданная им механическая модель небесной сферы, в которой при помощи одного вращательного движения производимого, по всей вероятности, водяным двигателем, возникали различные, несхожие между собой вращения небесных светил относительно сферы неподвижных звезд. Тем самым Архимед практически реализовал намеченный еще Анаксимандром метод рационального механического объяснения космических явлений, создав механически (технически реализованный) прототип Вселенной, предначертанный и схематизированный наукой. Особенно успешно Архимед разрабатывал конструкции военных машин. Это был первый ученый, уделявший много внимания и сил военным задачам.

В течение многих веков механика рассматривалась как наука о простых статических машинах. Ее основой была теория рычага, изложенная Архимедом в сочинении «О равновесии плоских фигур». В основе этой теории лежат следующие постулаты:

1. Равные тяжести на равных длинах уравниваются, на неравных же длинах не уравниваются, но перевешивают тяжести на большей длине.

⁹ Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М., 1965. С. 57.

2. Если при равновесии тяжестей на каких-нибудь длинах к одной из тяжестей будет что-нибудь прибавлено, то они не будут уравниваться, но перевесит та тяжесть, к которой было прибавлено.

3. Точно так же, если от одной из тяжестей отнято что-нибудь, то они не будут уравниваться, но перевесит та тяжесть, от которой не было отнято.

Основываясь на этих постулатах, Архимед доказывает следующие теоремы: «Соизмеримые величины уравниваются на длинах, которые будут обратно пропорциональнытяжестям». И далее: «Если величины будут несоизмеримы, то они точно так же уравниваются на длинах, которые обратно пропорциональны этим величинам». В этих предложениях содержится первая точная формулировка закона рычага. При этом под «величинами» следует понимать величины сил, действующих на рычаг.

Кроме закона рычага, в книге «О равновесии плоских фигур» содержатся определения центров тяжести треугольника, параллелограмма, трапеции, параболического сегмента, трапеции, боковые стороны которой являются дугами парабол. Понятие центра тяжести предполагается известным, и в начале книги приводятся постулаты о центрах тяжести (при совмещении конгруэнтных фигур центры тяжести совмещаются; центры тяжести подобных фигур подобно же расположены; у фигур с выпуклым периметром центр тяжести находится внутри фигуры). Само же определение центра тяжести, данное Архимедом, встречается в сочинении Паппа Александрийского, жившего в конце III в. н. э. Это определение гласит: «Центром тяжести каждого тела является некоторая расположенная внутри его точка – такая, что если за нее мысленно подвесить тело, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение». Чтобы прийти к этому определению, понадобился длительный практический опыт, обобщением которого и явилась механика Архимеда.

Знаменитый «закон Архимеда» изложен в сочинении «О плавающих телах». Сиракузы были портовым и судостроительным городом. Вопросы плавания тел ежедневно решались практически, и выяснить их научные основы, несомненно, казалось Архимеду актуальной задачей. В своем сочинении он разбирает не только условия плавания тел, но и вопрос об устойчивости равновесия плавающих тел различной геометрической формы. Научный гений Архимеда в этом сочинении, оставшемся, по-видимому, незаконченным, проявляется с исключительной силой. Закон Архимеда нашел практическое применение лишь в XVII в. Английский корабельный инженер А. Дин в 1666 г. по спуска корабля на воду при помощи этого закона рассчитал углубление корабля и «был настолько уверен в правильности своих расчетов весовой нагрузки и объемного водоизмещения судна, что еще на стапеле приказал проре-

зять в бортовой обшивке» отверстия для стволов орудий.¹⁰ А современная формулировка и доказательство закона Архимеда были осуществлены только в XIX в.¹¹

Архимед – вершина научной мысли древнего мира. Последующие ученые – Герон Александрийский и Папп Александрийский – мало что прибавили к наследию Архимеда, и их труды по механике носят компилятивный характер.

1.4. Греко-римский период

Со времени завоевания Египта Римом (I в. до н. э.) начинается третий период истории науки – греко-римский.¹² В начале I в. новым научным центром становится Рим со своими интересами и своим духовным климатом, ориентированным на практичность и результативность. Закончился период расцвета великой эллинистической науки.

Новая эпоха в контексте физики может быть представлена работами Герона и Паппа Александрийских в механике и Птолемея в оптике.

Герон Александрийский (гг. рождения и смерти неизвестны, вероятно, I в.) – автор работ, в которых систематически изложены основные достижения античного мира в области прикладной механики. В «Пневматике» он описал различные механизмы, приводимые в движение нагретым или сжатым воздухом или паром: т. н. золипил, т. е. шар, вращающийся под действием пара, автомат для открывания дверей, пожарный насос, различные сифоны, водяной орган, механический театр марионеток и т.д. В сочинении «О диоптре» изложены правила земельной съёмки, фактически основанные на использовании прямоугольных координат. Здесь же даётся описание диоптра – прибора для измерения углов – прототипа современного теодолита. Изложение основ античной артиллерии Герон дал в трактате «Об изготовлении метательных машин». В «Механике» Герон описал 5 простейших машин: рычаг, ворот, клин, винт и блок. Герону Александрийскому был известен и параллелограмм сил. Используя зубчатую передачу, он построил прибор для измерения протяжённости дорог, основанный на том же принципе, что и современные таксометры. Автомат Герона для продажи «священной» воды явился прообразом наших автоматов для отпуска жидкостей. Однако механизмы и автоматы Герона не нашли сколько-нибудь широкого практического применения. Они употреблялись в основном в конструкциях механических игрушек (исключение составляют только гидравлические машины Герона, при помощи которых были усовершенствованы античные водочерпалки). Это показывает, что преждевременные открытия не получают развития до тех пор, пока не созреют условия для их освоения и разработки.

¹⁰ Горохов В.Г. Концепции современно естествознания. М., 2003. С. 153.

¹¹ Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 22.

¹² Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 17.

Герон Александрийский впервые обосновал закон отражения света принципом наименьшего времени: световой луч отражается от зеркала таким образом, что световой путь, соединяющий источник света, зеркало и приемную точку, требует для своего прохождения наименьшего времени. Так началась история важного для оптики вариационного принципа Ферма – Гамильтона.

Папп Александрийский (гг. рождения и смерти неизвестны), древнегреческий математик 2-й половины III в. Автор труда «Математическое собрание» в 8 книгах, из которых 8-я посвящена механике. В сочинениях Паппа имеется много извлечений из не дошедших до нас произведений греческих авторов.

Со времен Герона и Паппа механику стали принимать как науку о простых машинах, из которых основными считались пять: ворот, рычаг, блок, клин и винт. Последние две машины основаны на свойствах наклонной плоскости, закон действия которой не был известен ни самому Архимеду, ни последующим древним и средневековым авторам.

Великий астроном древнего мира Клавдий Птолемей (II в.), с удивительным искусством разработавший теорию движения планет по геоцентрической системе мира, производил довольно точные измерения углов падения и преломления света в воде, в стекле. Однако из своих данных он не вывел закон преломления и считал угол преломления пропорциональным углу падения.

Построение геоцентрической системы Птолемеем завершила становление первой естественнонаучной картины мира. Геоцентрическая картина мира, обоснованная им математически, служила основой мировоззрения ученых вплоть до опубликования труда Н. Коперника «Об обращении небесных сфер».

В греко-римский период новая, христианская культура вступила в резкую оппозицию к язычеству. Ярким выражением этого явился разгром знаменитой Александрийской библиотеки и убийство женщины-астронома Гипатии (415 г. н. э.). Борьба завершается длительным господством религиозной идеологии в духовной жизни средневековья, подчинившей науку и культуру. Именно этим объясняется тот факт, что замечательные достижения античной науки оказались в значительной степени забытыми, а подавляющее большинство трудов древних авторов – утраченными.

1.5. Физика средневековья

В эпоху Средних веков возросло влияние церкви на все сферы жизни общества. Европейская наука переживала кризис вплоть до XII-XIII вв. На Востоке, в Китае и Индии, переход к феодализму происходил раньше, чем в Западной Европе, и в своем экономическом и

культурном развитии эти страны обогнали ее, что сказалось также и на развитии науки. Эстафету движения научной мысли Древнего Мира и античности перехватил Арабский мир, сохранив для человечества выдающиеся труды ученых тех времен. Арабы как губка впитали в себя мудрость античности, а затем передали его Европе, перешедшей из эпохи варварства в эпоху Возрождения.¹³ В результате в период раннего средневековья (VII—XI вв.) ведущую роль в развитии науки играл Восток. Лишь в более позднюю эпоху, начиная с крестовых походов, оживляется европейская наука, возникают университеты, появляются крупные ученые и научные школы. Разложение феодализма и переход к новым экономическим формам происходит с конца XV в. примерно до первой половины XVII в. Этот период имел в истории науки исключительно важное значение, поскольку именно в этот период возникло новое опытное естествознание. Таким образом, история средневековой науки, в том числе и физики, в соответствии с историей общества разбивается на три хронологических отрезка¹⁴:

1. Период развития науки на Востоке (VII—XI вв.).
2. Период развития европейской феодальной науки (XI—XV вв.).
3. Период возникновения опытного естествознания (конец XV – первая половина XVII в.).

1.5.1. Вклад арабского мира в развитие физики

Из разделов физики наибольшее развитие получила механика, и в первую очередь *статики*, чему способствовали условия экономической жизни средневекового Востока. Интенсивное денежное обращение и торговля, как внутренняя, так и международная, требовали постоянного совершенствования методов взвешивания, а также системы мер и весов. Это определило развитие учения о взвешивании и теоретической основы взвешивания – науки о равновесии, создание многочисленных конструкций различных видов весов. Необходимость совершенствования техники перемещения грузов и ирригационной техники в свою очередь способствовала развитию науки о «простых машинах», конструированию устройств для нужд ирригации.

Арабоязычные ученые широко использовали понятие *удельного веса*, совершенствуя методы определения удельных весов различных металлов и минералов. Этим вопросом занимались аль-Бируни, Хайям, аль-Хазини (XII в.). Для определения удельного веса применялся закон Архимеда, грузы взвешивались не только в воздухе, но и в воде. Полученные результаты были довольно точны. Например, удельный вес ртути был определен аль-Хазини в 13,56 г/см³ (по современным данным – 13,557). Столь точные данные позволяли решать ряд прак-

¹³ Данилова В.С., Кожевников Н.Н. Основные концепции современного естествознания. М., 2000. С. 35.

¹⁴ Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974. С. 24.

тических задач: отличать чистый металл и драгоценные камни от подделок, устанавливать истинную ценность монет, обнаружить различие удельного веса воды при разных температурах, и др.

Динамика развивалась на основе комментирования и осмысления сочинений Аристотеля. Средневековыми учеными стран ислама обсуждались проблема существования пустоты и возможности движения в пустоте, характер движения в сопротивляющейся среде, механизм передачи движения, свободное падение тел, движение тел, брошенных под углом к горизонту. В работах Ибн-Сины, известного в Европе под именем Авиценна, аль-Багдади и аль-Битруджи, по сути, была сформулирована «теория импетуса», которая в средневековой Европе сыграла большую роль в качестве предпосылки возникновения принципа инерции.

Развитие *кинематики* было связано с потребностями астрономии в строгих методах для описания движения небесных тел. В этом направлении и развивается аппарат кинематико-геометрического моделирования движения небесных тел на основе «Альмагеста» Птолемея. Кроме того, в ряде работ изучалась кинематика «земных» движений. В частности, понятие движения привлекается для непосредственного доказательства геометрических предложений (Сабит Ибн Курра, Насирэддин ат-Туси), механические движения используются для объяснения оптических явлений (Ибн аль-Хайсам), изучается параллелограмм движений и т.п. Одно из направлений средневековой арабской кинематики – применение инфинитезимальных методов при изучении неравномерных движений (т.е. рассмотрение бесконечных процессов, непрерывности, предельных переходов и др.), подводившее понятию мгновенной скорости в точке.

1.5.2. Физические идеи европейского средневековья

Восточные государства значительно опережали Европу в экономическом и культурном развитии в течение эпохи раннего средневековья (VII—XI вв.). Однако уже с X в. начинают развиваться экономические и культурные связи Европы и Востока. Большую роль в этом сыграли со второй половины XI в. знаменитые крестовые походы, доставившие европейцам новые сведения: экономические, технические и культурные. Происходящее в Европе развитие ремесла и торговли способствовало оживлению экономики и культуры. Появляются первые университеты, преподавание в которых велось на латинском языке. Другой предпосылкой будущего расцвета науки послужило развитие техники. Механические часы, очки, книгопечатание, производство бумаги сыграли огромную роль в развитии естествознания. Третья предпосылка научного прогресса — ознакомление с античным научным наследием. В XII

в. появляются латинские переводы «Начал» Евклида, трудов Архимеда, Птолемея и других греческих авторов. Тогда же появились переводы Хорезми и Алхазена.

К концу XII - началу XIII в. обозначилась застой в социально-экономическом и культурном развитии стран Ближнего и Среднего Востока. Страны же Западной Европы, напротив, стали «обгонять» мусульманский Восток и Византийскую империю. В основе такого «исторического рывка» лежало развитие производительных сил – как в сельском хозяйстве, так и в ремеслах. Производство избыточной сельскохозяйственной продукции стимулирует развитие торговли, ремесла. Зарождаются западные правовые системы Нового времени. Происходит подъем в духовной сфере, возникают новые светские образовательные учреждения – университеты.

XIII в. характеризуется оживлением духовной жизни. Знаменитый монах Роджер Бэкон (1214—1294) считал, что ученый не должен сводить науку к толкованию авторитетов. По его мнению, наука должна строиться на строгих аргументах и точном опыте, доказывающем теоретические заключения. Бэкон резко выступал против всеобщего увлечения книгами Аристотеля, вдобавок искаженными невежественными переводчиками. В этом отношении он являлся прямым предшественником Галилея. Бэкон не ограничивался указанием на большое значение опыта. Он неутомимо экспериментировал и сам производил химические, оптические, физические эксперименты и астрономические наблюдения.

В этом веке, кроме Бэкона, жили и работали такие деятели, как богослов Фома Аквинский, идеалистическая философия которого («томизм») имеет распространение и в современной западной философии; Вильгельм Оккам, выступивший против идеалистической теории о реальном существовании общих понятий; Роберт Большоголовый, занимавшийся оптикой; Петр Перегрин — рыцарь Пьер из Марикура, написавший 8 августа 1269 г. в военном лагере «Послание о магните» и др.

В *кинематике* средневековые схоласты вводят понятия «средняя скорость», «мгновенная скорость», «равноускоренное движение». Постепенно вызревает понятие ускорения. В *динамике* значительное развитие получила теория импетуса (лат. *impetus* - стремительность, напор), которая была мостом, соединявшим динамику Аристотеля с динамикой Галилея. Теория импетуса способствовала развитию и уточнению таких понятий, как инерция и сила. Все это постепенно готовило возникновение динамики Галилея.

В период позднего Средневековья (XIV-XV вв.) постепенно осуществляется пересмотр основных представлений античной естественно-научной картины мира и складываются предпосылки для создания нового естествознания, новой физики.

1.6. Физика в эпоху Возрождения

1.6.1. Научно-рациональное познание мира

Новый величайший переворот в системе культуры происходит в эпоху Возрождения, которая охватывает XIV – начало XVII в. Социально-исторической предпосылкой культуры Возрождения явилось становление буржуазного индивидуализма. Ренессанс приносит с собой новый тип личности. Это уверенный в себе, предприимчивый, самостоятельно и критически мыслящий волевой человек, которого занимают исключительно земные проблемы. Люди этой эпохи совершали великие путешествия, открывая новые земли и океаны. В 1492 году Колумб открыл Америку; в 1498 г. Васко да Гама, обогнув Африку с юга, проложил морской путь в Индию; в 1519–1522 гг. экспедиция Магеллана осуществила первое кругосветное путешествие. Эти великие географические открытия, вызванные экономическими предпосылками, обусловили потребность в точных астрономических знаниях, обеспечивающих надежное кораблевождение. С астрономией тесно переплетались задачи механики и оптики, и именно в области этих наук и совершилась научная революция, начатая Коперником, Галилеем и Кеплером, продолженная Ф. Бэконом и Декартом и завершенная Гюйгенсом и Ньютоном. Но уже раньше стала ощущаться потребность в новых методах в науке, в новом подходе к явлениям природы.

1.6.2. Леонардо да Винчи

Застрельщицей движения, приведшего к научной революции, выступила Италия, где уже с XV в. разгорается борьба за новое мировоззрение, освобождающее человека от пут средневековой теологии и схоластики. В защиту опыта как источника познания выступает Леонардо да Винчи (1452–1519), который, по определению Ф. Энгельса «был не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером» и «которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики». ¹⁵ «Опыт никогда не ошибается, ошибаются только суждения ваши, которые ждут от него вещей, не находящихся в его власти», – утверждал Леонардо. ¹⁶ И далее: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой». ¹⁷ Изучая свободное падение тел, Леонардо по существу, устанавливает закон $v = gt$, но одновременно принимает, что при приближении к Земле тяжесть возрастает. Наблюдая по-

¹⁵ Энгельс Ф. Диалектика природы. – М.: Госполитиздат, 1955. С. 4. Цит. по: Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М., 1965. С 103.

¹⁶ Леонардо да Винчи. Избранные естественнонаучные произведения. – М.: Изд. АН СССР, 1955. С. 11. Цит. по: Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М., 1965. С 103

¹⁷ Там же. С. 11. Цит. по: Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М., 1965. С 104.

лет снаряда, выпущенного из орудия, он точно зарисовывает баллистическую кривую, но затем утверждает, что в конце движения снаряд, теряя «насильственное» движение, падает «естественным путем» вертикально. Леонардо близко подходит к закону инерции, но и здесь не в состоянии оттолкнуться от концепции Аристотеля: «Всякое движение стремится к своему сохранению, или иначе: всякое движущееся тело всегда движется, пока сохраняется в нем сила его двигателя. Всякое движение будет продолжать путь своего бега по прямой линии до тех пор, пока в нем будет сохраняться природа насилия, произведенного его двигателем»¹. Первая половина этих утверждений справедлива, вторая – нет. Таким образом, Леонардо смело подошел к действительности с методом эксперимента и наблюдения, явившись в этом отношении прямым предшественником Галилея. Но для понимания действительности было необходимо освободиться схоластической теории и создавать теорию заново. Начало нового понимания действительности было заложено Коперником.

1.6.3. Коперниканская революция

В середине XVI в. *Николай Коперник* (1473–1543), выдвинул гелиоцентрическую систему мира и положил начало освобождению естествознания от теологии. Он начал с попыток усовершенствовать геоцентрическую систему мира, изложенную в «Альмагесте» Птолемея. Но, поняв суть зависимости между видимыми движениями планет и Солнца, хорошо известную ещё Птолемею, построил гелиоцентрическую систему мира. Благодаря ей правильное объяснение получил ряд непонятных с точки зрения геоцентрической системы закономерностей движения планет. Результаты труда были обобщены Коперником в сочинении «Об обращениях небесных сфер», опубликованном в 1543, незадолго до его смерти. С появлением этой работы «... начинается своё летосчисление освобождение естествознания от теологии...».¹⁸

Перенос системы отсчета с Земли на Солнце явился важным этапом в науке, он подготовил почву для открытия закона тяготения. История науки однозначно отвечает на вопрос о равноправности Птолемеевой и Коперниковой систем: система Коперника является преимущественной, так как она указала на связь между планетами и Солнцем и тем самым натолкнула мысль на поиски закона этой связи, она явилась источником научного движения, тогда как система Птолемея тормозила развитие науки. Мировоззренческие и теоретические выводы из гелиоцентризма, ее развитие и совершенствование – заслуга ученых следующего поколения: Т. Браге, Дж. Бруно, И. Кеплера, Г. Галилея и др.

Познакомившись в 1560-е гг. с гелиоцентрической теорией Коперника, итальянский философ и поэт Джордано Бруно (1548–1600) объединил гелиоцентризм Коперника с идеями

¹⁸ Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1969. С. 8. Цит. по: Большая советская энциклопедия. CD-ROM.

итальянского мыслителя Николая Кузанского (1401–1464) об изотропности, однородности и безграничности Вселенной и пришел к концепции множественности планетных систем в бесконечной Вселенной. Именно Бруно принадлежит первый и достаточно четкий эскиз картины вечной, никем не сотворенной, вещественной единой и безграничной Вселенной с бесконечным числом очагов Разума в ней.

К середине XVII в. гелиоцентрическая теория окончательно победила геоцентризм. Коперниканизм был признан научной общественностью и стал рассматриваться как теория действительного строения Вселенной. На повестке дня оказалась проблема физического обоснования гелиоцентризма, и в середине XVII в. астрономическая революция закономерно перерастает в физическую революцию.

Таким образом, в эпоху Возрождения была проведена основная мыслительная работа, подготовившая возникновение классического естествознания. Это стало возможным благодаря мировоззренческой революции, свершившейся в эпоху Ренессанса, которая привела к изменению отношения человека к миру, природе, познанию природы. Однако в XV–XVI вв. экспериментальные исследования носили в основном случайный характер. Лишь в XVII в. началось систематическое применение экспериментального метода в физике, и это привело к созданию первой фундаментальной физической теории – классической механики Ньютона.

2. ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИКИ КАК НАУКИ

2.1. Особенности познавательной деятельности в XVII в.

XVII век открыл новый период в развитии естествознания. Развитие машинного производства, горного дела, судостроения, гидротехническое строительство, совершенствование военной техники, создание хронометров и т.п. порождали инженерно-технические проблемы, решение которых требовало знания законов природных явлений, прежде всего механических, связанных с законами движения. Решение этих проблем, а также запросы астрономии, навигации, картографии, баллистики, гидравлики требовали совершенствования математических методов.

Именно в это время формируются идеалы рационализма, формируется убеждение, что *предмет естественно-научного познания – природные явления, полностью подчиняющиеся механическим закономерностям*. В этих условиях механика выходит на первое место среди естественных наук.

В начале XVII в. немецкий астроном *Иоганн Кеплер* (1571–1630) открыл законы движения планет. Планеты двигаются по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце. Законы движения планет были опубликованы Кеплером в 1609 г. в сочинении «Новая астрономия». Через 10 лет он нашел универсальную зависимость между периодами обращения планет и средними расстояниями их от Солнца (третий закон Кеплера), что явилось еще одним доказательством того, что движением планет управляет именно Солнце.

Таким образом, Кеплер, уточнив систему Коперника, решил важнейшую научную и практическую задачу своей эпохи. Это была большая победа учения Коперника. «Сопротивление планет», выражаясь языком Кеплера, было сломлено, они сдались на милость победителя – человеческого разума. Предстояла теперь не менее трудная задача – сломить сопротивление людей. В этой войне решающая роль принадлежала Галилею.

Внутренняя логика развития коперниканской революции предопределила ее перерастание в *революцию в физике* и завершилась величайшим событием в истории науки – созданием первой фундаментальной естественно-научной теории – *классической механики*.

Начиная с середины XVII в. наука становится важным и динамичным социальным институтом, роль которого в обществе непрерывно возрастает вплоть до настоящего времени.

2.2. Галилей и предпосылки классической механики

Галилео Галилей (1564–1642), итальянский физик, механик и астроном, один из основателей естествознания, усовершенствовал зрительную трубу (изобретена в 1608 г.) и превра-

тив ее в телескоп с 30-кратным приближением, распахнул перед человечеством окно во Вселенную. С помощью телескопа Галилей совершил ряд выдающихся астрономических открытий: спутников Юпитера, Сатурна, фаз Венеры, солнечных пятен, обнаружение того, что Млечный Путь представляет собой скопления бесконечного множества звезд, и др. Результаты этих наблюдений он изложил в книге «Звездный вестник» (1610). В этой книге окончательно преодолевается аристотелевское разделение мира на земной и небесный, утверждается идея единства мира: все Звезды – это дальние солнца, а все планеты подобны Земле.

Галилео Галилей создал основы экспериментального естествознания, показал, что естествознание требует умения делать научные обобщения из опыта, а эксперимент – важнейший метод научного познания. Ему принадлежит велика заслуга в формировании классической механики и утверждении нового мировоззрения. Исторический вклад Галилея в механику состоит в следующем: он разграничил понятия равномерного и неравномерного, ускоренного движений; сформулировал понятие ускорения (скорость изменения скорости); показал, что результатом действия силы на движущееся тело является не скорость, а ускорение; вывел формулу, связывающую ускорение, путь и время: $S = 1/2 at^2$; сформулировал принцип инерции (если на тело не действует сила, то тело находится либо в состоянии покоя, либо в состоянии прямолинейного равномерного движения); выработал понятие инерциальной системы; сформулировал принцип относительности движения (все системы, которые движутся прямолинейно и равномерно друг относительно друга (т.е. инерциальные системы) равноправны между собой в отношении описания механических процессов); открыл закон независимости действия сил (принцип суперпозиции). На основании этих законов появилась возможность решения простейших динамических задач.

Таким образом, исследования Галилея заложили надежный фундамент динамики, а также методологии классического естествознания. Дальнейшие исследования лишь углубляли и укрепляли этот фундамент. С полным основанием Галилея называют отцом современного естествознания. Символично, что в год смерти Галилея родился тот, кто завершил становление классической механики, – Исаак Ньютон.

2.3. Ньютонианская революция

Исаак Ньютон (1643–1727) обобщил результаты естествознания XVII в. Он завершил постройку фундамента нового классического естествознания. Обобщив существовавшие независимо друг от друга результаты своих предшественников в стройную теоретическую систему знания (ньютоновскую механику), Ньютон стал родоначальником классической теоретической физики. Он сформулировал ее цели, разработал ее методы и программу развития,

которую он сформулировал следующим образом: «Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы».¹⁹ В основе ньютоновского метода лежит экспериментальное установление точных количественных закономерных связей между явлениями и выведение из них общих законов природы методом индукции. Развивая идеи Галилея, Х. Гюйгенса и др. предшественников, И. Ньютон в труде «Математические начала натуральной философии» (1687) сформулировал все основные законы этой науки. При построении классической механики впервые был воплощён идеал научной теории, существующий и поныне.

С появлением механики Ньютона было окончательно понято, что задача науки состоит в отыскании наиболее общих количественно формулируемых законов природы. Наибольших успехов механика Ньютона достигла при объяснении движения небесных тел. Исходя из законов движения планет, установленных И. Кеплером на основе наблюдений Т. Браге, Ньютон открыл закон всемирного тяготения. С помощью этого закона удалось с замечательной точностью рассчитать движение Луны, планет и комет Солнечной системы, объяснить приливы и отливы в океане.

В это же время Гюйгенс и Г. Лейбниц сформулировали закон сохранения количества движения; Гюйгенс создал теорию физического маятника, построил часы с маятником. Началось развитие физической акустики. М. Мерсенн измерил число собственных колебаний звучащей струны и впервые определил скорость звука в воздухе. Ньютон теоретически вывел формулу для скорости звука.

Во 2-й половине XVII в. начала быстро развиваться геометрическая оптика применительно к конструированию телескопов и др. оптических приборов, а также были заложены основы физической оптики. Ф. Гримальди открыл дифракцию света, а Ньютон провёл фундаментальные исследования дисперсии света. С этих работ Ньютона берёт начало оптическая спектроскопия. В 1676 О. К. Рёмер впервые измерил скорость света. Почти одновременно возникли и начали развиваться две различные теории о физической природе света – корпускулярная и волновая. Согласно корпускулярной теории Ньютона, свет – это поток частиц, движущихся от источника по всем направлениям. Гюйгенс заложил основы волновой теории света, согласно которой свет – это поток волн, распространяющихся в особой гипотетической среде – эфире, заполняющем всё пространство и проникающем внутрь всех тел.

Таким образом, в XVII веке была в основном построена классическая механика и начаты исследования в других областях физики: в оптике, учении об электрических и магнитных явлениях, теплоте, акустике.

¹⁹ Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. М., 2007. С. 203.

3. КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

3.1. Становление основных областей классической физики в XVIII в.

В XVIII веке продолжалось развитие *классической механики*, в частности небесной механики. По небольшой аномалии в движении планеты Уран удалось предсказать существование новой планеты – Нептун (открыта в 1846). Уверенность в справедливости механики Ньютона стала всеобщей. На основе механики была создана единая механическая картина мира, согласно которой всё богатство, всё качественное многообразие мира – результат различия в движении частиц (атомов), слагающих тела, движения, подчиняющемся законам Ньютона. Эта картина многие годы оказывала сильнейшее влияние на развитие физики. Объяснение физического явления считалось научным и полным, если его можно было свести к действию законов механики. Важным стимулом для развития механики послужили запросы развивающегося производства. В работах Л. Эйлера и др. была разработана динамика абсолютно твёрдого тела. Параллельно с развитием механики частиц и твёрдых тел шло развитие механики жидкостей и газов. Труды Д. Бернулли, Эйлера, Ж. Лагранжа и др. в 1-й половине XVIII в. были заложены основы гидродинамики идеальной жидкости – несжимаемой жидкости, лишённой вязкости и теплопроводности. В «Аналитической механике» (1788) Лагранжа уравнения механики представлены в столь обобщённой форме, что в дальнейшем их удалось применить и к немеханическим, в частности электромагнитным, процессам.

В других областях физики происходило накопление опытных данных и формулировались простейшие экспериментальные законы. Ш. Ф. Дюфе открыл существование двух видов *электричества* и определил, что одноимённо заряженные тела отталкиваются, а разноимённо заряженные – притягиваются. Б. Франклин установил закон сохранения электрического заряда. Г. Кавендиш и независимо Ш. Кулон открыли основной закон *электростатики*, определяющий силу взаимодействия неподвижных электрических зарядов (закон Кулона). Возникло учение об атмосферном электричестве. Франклин, М. В. Ломоносов и Г. В. Рихман доказали электрическую природу молнии.

В *оптике* продолжалось совершенствование объективов телескопов. Труды П. Бугера и И. Ламберта начала создаваться фотометрия. Были открыты инфракрасные (В. Гершель, англ. учёный У. Волластон) и ультрафиолетовые (нем. учёный Н. Риттер, Волластон) лучи.

Заметный прогресс произошёл в исследовании *тепловых явлений*; после открытия Дж. Блэком скрытой теплоты плавления и экспериментального доказательства сохранения теплоты в калориметрических опытах стали различать температуру и количество теплоты. Было сформулировано понятие теплоёмкости, начато исследование теплопроводности и теплового

излучения. При этом одновременно утвердились неправильные взгляды на природу тепла: теплоту стали рассматривать как особого рода неуничтожимую невесомую жидкость – теплород, способную перетекать от нагретых тел к холодным. Теория теплоты, согласно которой теплота – это вид внутреннего движения частиц, потерпела временное поражение, несмотря на то что её поддерживали и развивали такие выдающиеся учёные, как Ньютон, Гук, Бойль, Бернулли, Ломоносов и др.

Таким образом, в XVIII в. в качестве самостоятельных складываются основные разделы классической физики.

3.2. Классическая физика XIX века

В начале XIX в. длительная конкуренция между корпускулярной и волновой теориями света завершилась окончательной, казалось бы, победой волновой теории. Этому способствовало успешное объяснение Т. Юнгом и О. Ж. Френелем явления интерференции и дифракции света с помощью волновой теории. Эти явления присущи исключительно волновому движению, и объяснить их с помощью корпускулярной теории представлялось невозможным. В это же время было получено решающее доказательство поперечности световых волн (Френель, Д. Ф. Араго, Юнг), открытой ещё в XVIII в.

Большое значение для развития физики имело открытие Л. Гальвани и А. Вольта *электрического тока*. Создание мощных источников постоянного тока – гальванических батарей – дало возможность обнаружить и изучить многообразные действия тока. Открытие Х. К. Эрстедом (1820) действия электрического тока на магнитную стрелку доказало связь между электричеством и магнетизмом. Основываясь на единстве электрических и магнитных явлений, А. Ампер пришёл к выводу, что все магнитные явления обусловлены движущимися заряженными частицами – электрическим током. Вслед за этим Ампер экспериментально установил закон, определяющий силу взаимодействия электрических токов (закон Ампера).

В 1831 Фарадей открыл явление электромагнитной индукции. При попытках объяснения этого явления с помощью концепции дальнего действия встретились значительные затруднения. Фарадей высказал гипотезу, согласно которой электромагнитные взаимодействия осуществляются посредством промежуточного агента – электромагнитного поля (концепция ближнего действия). Это послужило началом формирования новой науки о свойствах и законах поведения особой формы материи – *электромагнитного поля*.

К 1-й четверти XIX в. был заложен фундамент *физики твёрдого тела*. На протяжении XVII-XVIII и начала XIX вв. происходило накопление данных о макроскопических свойствах твёрдых тел (металлов, технических материалов, минералов и т.п.) и установление эмпи-

рических законов поведения твёрдого тела под влиянием внешних воздействий (механических сил, нагревания, электрических и магнитных полей, света и т.д.). Исследование упругих свойств привело к открытию Гука закона (1660), исследование электропроводности металлов – к установлению Ома закона (1826), тепловых свойств – закона теплоёмкостей Дюлонга и Пти (1819). Были открыты основные магнитные свойства твёрдых тел. В это же время была построена общая теория упругих свойств твёрдых тел (Л. М. А. Навье, 1819–26, О. Л. Коши, 1830). Почти для всех этих результатов характерна трактовка твёрдого тела как сплошной среды, хотя уже значительной частью учёных было признано, что твёрдые тела, являющиеся в большинстве своём кристаллами, обладают внутренней микроскопической структурой.

Важнейшее значение для физики и всего естествознания имело открытие *закона сохранения энергии*, связавшего воедино все явления природы. В 40-х гг. XIX в. Ю. Р. Майер, Дж. Джоуль и Г. Гельмгольц независимо открыли закон сохранения и превращения энергии. Закон сохранения энергии стал основным законом теории тепловых явлений (*термодинамики*), получив название первого начала термодинамики. Второй фундаментальный закон теории теплоты – второе начало термодинамики сформулирован в работах Р. Клаузиуса (1850) и У. Томсона (1851). Он является обобщением опытных данных, свидетельствующих о необратимости тепловых процессов в природе, и определяет направление возможных энергетических процессов. Значительную роль в построении термодинамики сыграли исследования Ж. Л. Гей-Люссака, на основе которых Б. Клапейроном было найдено уравнение состояния идеального газа, обобщённое в дальнейшем Д. И. Менделеевым.

Одновременно с развитием термодинамики развивалась *молекулярно-кинетическая теория* тепловых процессов. Это позволило включить тепловые процессы в рамки механической картины мира и привело к открытию нового типа законов – статистических, в которых все связи между физическими величинами носят вероятностный характер. На первом этапе развития кинетической теории наиболее простой среды – газа – была получена зависимость давления газа от числа молекул в единице объёма и средней кинетической энергии поступательного движения молекул. Это позволило вскрыть физический смысл температуры как меры средней кинетической энергии молекул.

Второй этап развития молекулярно-кинетической теории начался с работ Дж. К. Максвелла. В 1859, введя впервые в физике понятие *вероятности*, он нашёл закон распределения молекул по скоростям (см. Максвелла распределение). После этого возможности молекулярно-кинетической теории необычайно расширились и привели в дальнейшем к созданию *статистической механики*. Л. Больцман построил кинетическую теорию газов и дал статистическое обоснование законов термодинамики. Классическая статистическая механика бы-

ла завершена в работах Дж. У. Гиббса (1902), создавшего метод расчёта функций распределения для любых систем (а не только газов) в состоянии термодинамического равновесия.

В XIX в. Г. Кирхгоф и Р. Бунзен заложили основы спектрального анализа (1859). В акустике была разработана теория упругих колебаний и волн (Гельмгольц, Дж. У. Рэлей и др.). Возникла техника получения низких температур. Были получены в жидком состоянии все газы, кроме гелия, а в начале 20 в. Х. Камерлинг-Оннес (1908) оживил гелий.

3.3. Теория электромагнитного поля

К середине XIX в. в тех отраслях физики, где изучались электрические и магнитные явления, был накоплен богатый эмпирический материал, сформулирован целый ряд важных закономерностей: закон Кулона, закон Ампера, закон электромагнитной индукции, законы постоянного тока и др. Сложнее обстояло дело с теоретическими представлениями. Строившиеся физиками теоретические схемы основывались на представлениях о дальнодействии и корпускулярной природе электричества. Наиболее популярной стала теория В. Вебера, которая пыталась объединить электростатику, электродинамику и теорию магнетизма

Английский физик Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) поставил перед собой задачу построить строгую математическую теорию, получить уравнения, из которых можно было бы вывести, например, законы Кулона, Ампера и др., т.е. перевести идеи и взгляды Фарадея на строгий математический язык. Будучи блестящим теоретиком и виртуозно владея математическим аппаратом, Максвелл справился с этой сложнейшей задачей – создал теорию электромагнитного поля, которая была изложена в работе «Динамическая теория электромагнитного поля», опубликованной в 1864 г. Максвелл сформулировал фундаментальные уравнения классической электродинамики, названные его именем, которые связывают величины, характеризующие электромагнитное поле (напряженность электрического и магнитного полей, электрическая и магнитная индукция), с его источниками, т.е. распределенными в пространстве электрическими зарядами и токами. Эта теория существенно изменила представления о картине электрических и магнитных явлений, объединив их в единое целое

Важнейшим результатом теории Максвелла был вывод о конечности скорости распространения электромагнитных взаимодействий, равной скорости света. Экспериментальное обнаружение электромагнитных волн Г. Р. Герцем (1886–89) подтвердило справедливость этого вывода. Из теории Максвелла вытекало, что свет имеет электромагнитную природу. Тем самым оптика стала одним из разделов электродинамики. В самом конце XIX в. П. Н. Лебедев обнаружил на опыте и измерил давление света, предсказанное теорией Максвелла, а А. С. Попов впервые использовал электромагнитные волны для беспроводной связи. Тео-

рия Максвелла получила дальнейшее развитие в трудах Г. Герца и Х. Лоренца, в результате чего была создана *электродинамическая картина мира*.

К концу XIX в. физика представлялась современникам почти завершённой. Казалось, что все физические явления можно свести к механике молекул (или атомов) и эфира. Эфир рассматривался как механическая среда, в которой разыгрываются электромагнитные явления. Один из крупнейших физиков XIX в. – У. Томсон обращал внимание лишь на два необъяснимых факта: отрицательный результат Майкельсона опыта по обнаружению движения Земли относительно эфира и непонятную с точки зрения молекулярно-кинетической теории зависимость теплоёмкости газов от температуры. Однако именно эти факты явились первым указанием на необходимость пересмотра основных представлений физики XIX в. Для объяснения этих и множества других фактов, открытых впоследствии, понадобилось создание теории относительности и квантовой механики.

3.4. Великие открытия и кризис в физике на рубеже веков

Конец XIX в. в истории физики отмечен рядом принципиальных открытий, которые привели к научной революции на рубеже XIX—XX вв.: открытие рентгеновских лучей, открытие электрона и установление зависимости его массы от скорости» открытие радиоактивности, фотоэффекта и его законов и др.

В 1895 г. В. Рентген обнаружил лучи, получившие впоследствии название рентгеновских. Это открытие заинтересовало физиков и вызвало широкую дискуссию о природе этих лучей. В течение короткого времени были выяснены необычные свойства этих лучей (способность проходить через светонепроницаемые тела, ионизировать газы и т.д.), но их природа оставалась неясной.

Важнейшим достижением физики конца XIX в. было открытие радиоактивности. В 1896 г. Анри Беккерель, исследуя загадочное почернение фотографической пластинки, оставшейся в ящике письменного стола рядом с кристаллами сульфата урана, случайно открыл радиоактивность. Изучение радиоактивного излучения показало, что оно неоднородно и содержит три компонента, которые получили название α -, β - и γ -лучей. При этом оказалось, что α - и β -лучи являются потоками соответственно положительно и отрицательно заряженных частиц, а γ -лучи представляют собой электромагнитное излучение.

Открытие зависимости массы электрона от скорости и объяснение этого факта наличием электромагнитной массы вызвали вопрос, обладает ли вообще электрон массой в смысле классической механики. Как соотносятся между собой «обычная» масса и электромагнитная?

Сама возможность ответа на эти вопросы была проблематичной, поскольку не был известен эксперимент, помощью которого можно отделить обычную массу от электромагнитной.

Возникла гипотеза, что электрон вообще имеет только электромагнитную массу, а обычной массой не обладает. Развитие этой гипотезы подводило к выводу, что вообще всякая масса (значит, материя) имеет электромагнитную природу. Такой вывод революционным образом менял взгляды физиков на природу материи и ее познание. Возник вопрос об исчезновении массы и материи вообще, поскольку масса понималась как основной признак материальности тела. Некоторые физики и философы высказывали мнение о том, что «материя исчезла», что само развитие науки заставляет отказаться от признания существования материи и справедливости общих важнейших физических законов (закон сохранения массы, закон сохранения количества движения и др.). Ситуация усугублялась с открытием радиоактивности. Ведь не было ответа на вопрос об источнике энергии, которую несет с собой радиоактивное излучение. В связи с этим высказывалось сомнение и во всеобщности закона сохранения энергии.

В таких условиях в физике складывается атмосфера разочарования в возможностях научного познания истины, начинается «брожение умов», распространяются идеи релятивизма и агностицизма. Ситуацию, сложившуюся в физической науке на рубеже XIX-XX вв., французский ученый Жюль Анри Пуанкаре назвал кризисом физики. «Признаки серьезного кризиса» физики он в первую очередь связывал с возможностью отказа от фундаментальных принципов физического познания. «Перед нами "руины" старых принципов, всеобщий "разгром" таких принципов», — утверждал он.²⁰ Закон сохранения массы, закон сохранения количества движения, закон сохранения энергии — все эти фундаментальные принципы, которые долгое время считались незыблемыми, теперь подвергаются сомнению.

Таким образом, к концу XIX – началу XX вв. методологические установки классической физики исчерпали себя и необходимо было изменять теоретико-методологический каркас естественно-научного познания. Возникла необходимость расширить и углубить понимание и самой природы, и процесса ее познания.

²⁰ Пуанкаре А. О науке. М, 1990. Цит. по: Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. М., 2007. С. 291.

4. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА

4.1. Релятивистская и квантовая физика

В начале 20 в. стало ясно, что электродинамика требует коренного пересмотра представлений о пространстве и времени, лежащих в основе классической механики Ньютона. В 1905 Эйнштейн создал специальную теорию относительности (СТО) – новое учение о пространстве и времени. Эта теория исторически была подготовлена трудами Лоренца и А. Пуанкаре. Открытие частной теории относительности показало ограниченность механической картины мира. Попытки свести электромагнитные процессы к механическим процессам в гипотетической среде – эфире оказались несостоятельными. Стало ясно, что электромагнитное поле представляет собой особую форму материи, поведение которой не подчиняется законам механики.

В 1916 Эйнштейн построил общую теорию относительности – физическую теорию пространства, времени и тяготения. Эта теория ознаменовала новый этап в развитии теории тяготения.

В 1905 г. на новом качественном уровне была возрождена корпускулярная теория света. Свет ведёт себя подобно потоку частиц (корпускул); однако одновременно ему присущи и волновые свойства, которые проявляются, в частности, в дифракции и интерференции света. Следовательно, несовместимые с точки зрения классической физики волновые и корпускулярные свойства присущи свету в равной мере (дуализм света). «Квантование» излучения приводило к выводу, что энергия внутриатомных движений также может меняться только скачкообразно. Такой вывод был сделан Н. Бором в 1913. К этому времени Э. Резерфорд (1911) открыл атомное ядро и построил планетарную модель атома. Бор постулировал, что в атомах имеются особые стационарные состояния, в которых электроны не излучают. Излучение происходит при переходе из одного стационарного состояния в другое. Дискретность энергии атома была подтверждена опытами Дж. Франка и Г. Герца (1913–14) по изучению столкновений с атомами электронов, ускоренных электрическим полем. Для простейшего атома – атома водорода – Бор построил количественную теорию спектра излучения, согласующуюся с опытом.

В 20-е гг. 20 в. была создана *самая глубокая и всеобъемлющая из современных физических теорий* – квантовая, или волновая, механика – последовательная, логически завершенная нерелятивистская теория движения микрочастиц, которая позволила также объяснить многие свойства макроскопических тел и происходящие в них явления. В основу квантовой механики легли идея квантования Планка – Эйнштейна – Бора и выдвинутая Л. де Бройлем

гипотеза (1924), что двойственная корпускулярно-волновая природа свойственна не только электромагнитному излучению (фотонам), но и любым др. видам материи. В 1926 Шрёдингер, пытаясь получить дискретные значения энергии атома из уравнения волнового типа, сформулировал основное уравнение квантовой механики, названное его именем. В. Гейзенберг и Борн (1925) построили квантовую механику в др. математической форме – т. н. матричную механику. Параллельно с развитием квантовой механики шло развитие квантовой статистики – квантовой теории поведения физических систем (в частности, макроскопических тел), состоящих из огромного числа микрочастиц. Попытки построения последовательной квантовой теории излучения света атомами привели к новому этапу развития квантовой теории – созданию *квантовой электродинамики* (Дирак, 1929).

Математический аппарат квантовой механики оказался логически непротиворечивым, строгим и изящным, а отношения между математическими и физическими величинами устанавливаются строго и четко. Основные понятия квантовой механики – «квантовое состояние», «вектор состояния», «оператор» и др. Возможности аппарата квантовой механики возросли, когда анализ спектров атомов привел к представлению о том, что электрону (и всем элементарным частицам) кроме заряда и массы присуща еще одна внутренняя характеристика — спин (собственный момент количества движения, имеющий квантовую природу). Аппарат квантовой механики обеспечивает фантастически точные предсказания. Но все такие предсказания носят вероятностный характер. Иначе говоря, они определяют лишь вероятность наступления определенного события в будущем, не претендуя на то, чтобы однозначно охарактеризовать события микромира в любой момент будущего.

4.2. Физика атомного ядра и элементарных частиц

Во 2-й четверти XX в. происходило дальнейшее революционное преобразование физики, связанное с познанием структуры атомного ядра и совершающихся в нём процессов и с созданием физики элементарных частиц. Открытие нейтрона в 1932 Дж. Чедвиком привело к созданию современной протонно-нейтронной модели ядра (Д. Д. Иваненко, Гейзенберг). В 1934 супруги И. и Ф. Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. Создание ускорителей заряженных частиц позволило изучать различные ядерные реакции. Важнейшим результатом этого этапа Ф. явилось открытие деления атомного ядра.

В 1939–45 была впервые освобождена ядерная энергия с помощью цепной реакции деления ^{235}U и создана атомная бомба. Заслуга использования управляемой ядерной реакции деления ^{235}U в мирных, промышленных целях принадлежит СССР. В 1954 в СССР была по-

строена первая атомная электростанция (г. Обнинск). Позже рентабельные атомные электростанции были созданы во многих странах.

В 1952 была осуществлена реакция термоядерного синтеза (взорвано ядерное устройство), и в 1953 создана водородная бомба.

Одновременно с физикой атомного ядра в XX в. начала быстро развиваться физика элементарных частиц. Первые большие успехи в этой области связаны с исследованием космических лучей. Были открыты мюоны, пи-мезоны, К-мезоны, первые гипероны. После создания ускорителей заряженных частиц на высокие энергии началось планомерное изучение элементарных частиц, их свойств и взаимодействий; было экспериментально доказано существование двух типов нейтрино и открыто много новых элементарных частиц, в том числе крайне нестабильные частицы – резонансы, среднее время жизни которых составляет всего 10^{-22} – 10^{-24} сек. Обнаруженная универсальная взаимопревращаемость элементарных частиц указывала на то, что эти частицы не элементарны в абсолютном смысле этого слова, а имеют сложную внутреннюю структуру, которую ещё предстоит открыть. Теория элементарных частиц и их взаимодействий (сильных, электромагнитных и слабых) составляет предмет *квантовой теории поля* – теории, ещё далёкой от завершения.

4.3. Направления современной физики

В современной физике возник ряд новых направлений, неизвестных классической.

Физика элементарных частиц. Ее основной проблемой было и остается исследование материи на уровне элементарных частиц. Не все теоретические положения этого раздела физики получили прямое подтверждение экспериментами. Обширный экспериментальный материал до сих пор не обобщен. Существуют только попытки построения теории, объединяющей все виды взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное.

Физика ядра. В 30-х годах была создана протонно-нейтронная модель ядра, был достигнут большой прогресс в понимании структуры ядер и достигнут большой успех в практическом применении ядерных реакций. Одна из важнейших задач в этой области - решение проблемы управляемого термоядерного синтеза. Работы в этом направлении ведутся объединенными усилиями исследователей из ряда стран.

Астрофизика. Развитие физики элементарных частиц и атомного ядра позволило приблизиться к пониманию таких сложных проблем, как эволюция Вселенной на ранних стадиях ее развития, эволюция звезд, образование химических элементов. Однако, несмотря на впечатляющие достижения современной астрофизики, остается неясным, каково строение материи при огромных плотностях внутри нейтронных звезд и "черных дыр". Невыяснена природа

да квазаров и причина вспышек сверхновых звезд. В целом, можно считать, что положено только начало решению проблемы эволюции Вселенной.

Оптика и квантовая электроника. На фундаменте квантовой теории излучения, заложенной А.Эйнштейном, возникла новая наука - квантовая электроника. Успехи в этой области связаны, в первую очередь с созданием сверхчувствительных приемных систем и принципиально новых источников света - лазеров или оптических квантовых генераторов. Их уникально по своим параметрам. Создание лазеров дало жизнь новому разделу оптики - нелинейной оптике. Практически строгая монохроматичность лазерного излучения позволяет получить объемное изображение объекта - голограмму. Ведутся работы по использованию лазеров в управляемых термоядерных реакциях. Развитие этой области связано с дальнейшим повышением мощности лазеров и с расширением диапазона рабочих частот. Сейчас стоит задача создания рентгеновских и гамма-лазеров.

Физика плазмы. Важность изучения плазмы связана с двумя обстоятельствами. Во-первых, в плазменном состоянии находится подавляющая часть вещества Вселенной. Во-вторых, именно в высокотемпературной плазме имеется возможность осуществить управляемую термоядерную реакцию. Получение таких реакций позволит дать человечеству практически вечный экологически чистый источник энергии. Эта проблема очень актуальна, поскольку уже в ближайшее время человечество столкнется с проблемой энергетического голода.

Физика твердого тела. Пожалуй, ни один из разделов физики не имеет стольких ответвлений в прикладные области, как этот. Прогресс в компьютеростроении целиком базируется на достижениях физики твердого тела.

Туннельный эффект - явление из области квантовой физики, которое заключается в способности элементарных частиц проникать сквозь барьер, который классическая частица не может пройти в принципе. На основе туннельного эффекта созданы специальные приборы - туннельные микроскопы, которые позволяют наблюдать отдельные атомы. Прогресс в этой области зашел так далеко, что коллективу сотрудников фирмы ИВМ удалось написать название фирмы буквами, размером всего в пять атомов по высоте. По-видимому, это самая эффективная реклама в мире. Размер этих букв во столько же раз меньше букв, написанных Левшой на подкове блохи, во сколько песчинка меньше Эйфелевой башни.

Сверхпроводимость - особое состояние некоторых веществ, открытое достаточно давно. Оно заключается в том, что при температурах порядка 5-20° К электрическое сопротивление совершенно исчезает. Ток может циркулировать в таком проводнике годами. В настоящее

время синтезированы материалы, в которых сверхпроводимость возникает при температурах 100-150° К. Такие материалы могут широко использоваться в науке и технике.

Важнейшей особенностью современного физического эксперимента стала неизмеримо возросшая роль измерительной и вычислительной техники. Современные исследования ведутся обычно на больших установках и требуют значительных затрат.

4.4. Большой адронный коллайдер

Последнее грандиозное достижение экспериментальной физики – Большой адронный коллайдер (англ. *Large Hadron Collider, LHC*; сокр. БАК) — ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений. Коллайдер построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований (фр. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN*), на границе Швейцарии и Франции, недалеко от Женевы. По состоянию на 2008 год БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире. Большим БАК назван из-за своих размеров: длина основного кольца ускорителя составляет 26 659 м; адронным — из-за того, что он ускоряет адроны, то есть частицы, состоящие из кварков; коллайдером (англ. *collide* — сталкиваться) — из-за того, что пучки частиц ускоряются в противоположных направлениях и сталкиваются в специальных местах.²¹

Поставленные задачи. В начале XX века в физике появились две основополагающие теории — общая теория относительности (ОТО) Альберта Эйнштейна, которая описывает Вселенную на макроуровне, и квантовая теория поля, которая описывает Вселенную на микроуровне. Проблема в том, что эти теории несовместимы друг с другом. Например, для адекватного описания происходящего в чёрных дырах нужны обе теории, а они вступают в противоречие. Эйнштейн многие годы пытался разработать единую теорию поля, но безуспешно, поскольку игнорировал квантовую механику. В конце 1960-х физикам удалось разработать Стандартную модель (СМ), которая объединяет три из четырёх фундаментальных взаимодействий — сильное, слабое и электромагнитное. Гравитационное взаимодействие по-прежнему описывают в терминах ОТО. Таким образом, в настоящее время фундаментальные взаимодействия описываются двумя общепринятыми теориями: ОТО и СМ. Их объединения пока достичь не удалось из-за трудностей создания теории квантовой гравитации. Для дальнейшего объединения фундаментальных взаимодействий в одной теории используются различные подходы: теория струн, получившая своё развитие в М-теории (теории бран), теория супергравитации, петлевая квантовая гравитация и др. Некоторые из них имеют внутренние

²¹ Большой адронный коллайдер // Википедия – <http://ru.wikipedia.org/wiki/LHC>

проблемы, и ни у одной из них нет экспериментального подтверждения. Проблема в том, что для проведения соответствующих экспериментов нужны энергии, недостижимые на современных ускорителях заряженных частиц.

БАК позволит провести эксперименты, которые ранее было невозможно провести и, вероятно, подтвердит или опровергнет часть этих теорий. Так, существует целый спектр физических теорий с размерностями больше четырёх, которые предполагают существование «суперсимметрии» — например, теория струн, которую иногда называют теорией суперструн именно из-за того, что без суперсимметрии она утрачивает физический смысл. Подтверждение существования суперсимметрии, таким образом, будет косвенным подтверждением истинности этих теорий.

Изучение топ-кварков. Топ-кварк — самый тяжёлый кварк и, более того, это самая тяжёлая из открытых пока элементарных частиц. Согласно последним результатам Тэватрона, его масса составляет $171,4 \pm 2,1$ ГэВ. Из-за своей большой массы топ-кварк до сих пор наблюдался пока лишь на одном ускорителе — Тэватроне, на других ускорителях просто не хватало энергии для его рождения. Кроме того, топ-кварки интересуют физиков не только сами по себе, но и как «рабочий инструмент» для изучения хиггсовского бозона. Один из наиболее важных каналов рождения хиггсовского бозона в БАК — ассоциативное рождение вместе с топ-кварк-антикварковой парой. Для того, чтобы надёжно отделять такие события от фона, надо вначале хорошо изучить свойства самих топ-кварков.

Изучение механизма электрослабой симметрии. Одной из основных целей проекта является экспериментальное доказательство существования бозона Хиггса — частицы, предсказанной шотландским физиком Питером Хиггсом в 1960 году в рамках Стандартной Модели. Бозон Хиггса является квантом так называемого поля Хиггса, при прохождении через которое частицы испытывают сопротивление, представляемое нами как масса. Сам бозон нестабилен и имеет большую массу (более 120 ГэВ). На самом деле, физиков интересует не столько сам хиггсовский бозон, сколько хиггсовский механизм нарушения электрослабой симметрии. Именно изучение этого механизма, возможно, натолкнёт физиков на новую теорию мира, более глубокую, чем СМ.

Изучение кварк-глюонной плазмы. Ожидается, что в ускорителе в режиме ядерных столкновений будут происходить не только протон-протонные столкновения, но и столкновения ядер свинца. При неупругом столкновении двух ядер на ультрарелятивистских скоростях на короткое время образуется и затем распадается плотный и очень горячий комок ядерного вещества. Понимание происходящих при этом явлений (переход вещества в состояние кварк-глюонной плазмы и её остывание) нужно для построения более совершенной

теории сильных взаимодействий, которая окажется полезной как для ядерной физики, так и для астрофизики.

Поиск суперсимметрии. Первым значительным научным достижением экспериментов на БАК может стать доказательство или опровержение «суперсимметрии» — теории, гласящей, что любая элементарная частица имеет гораздо более тяжёлого партнера, или «суперчастицу».

Изучение фотон-адронных и фотон-фотонных столкновений. Протоны электрически заряжены, поэтому ультрарелятивистский протон порождает облако почти реальных фотонов, летящих рядом с протоном. Этот поток фотонов становится ещё сильнее в режиме ядерных столкновений, из-за большого электрического заряда ядра. Эти фотоны могут столкнуться как со встречным протоном, порождая типичные фотон-адронные столкновения, так и друг с другом.

Проверка экзотических теорий. Теоретики в конце XX века выдвинули огромное число необычных идей относительно устройства мира, которые все вместе называются «экзотическими моделями». Сюда относятся теории с сильной гравитацией на масштабе энергий порядка 1 ТэВ, модели с большим количеством пространственных измерений, преонные модели, в которых кварки и лептоны являются составными частицами, модели с новыми типами взаимодействия. Дело в том, что накопленных экспериментальных данных оказывается всё ещё недостаточно для создания одной-единственной теории. А сами все эти теории совместимы с имеющимися экспериментальными данными. Поскольку в этих теориях можно сделать конкретные предсказания для БАК, экспериментаторы планируют проверять предсказания и искать следы тех или иных теорий в своих данных. Ожидается, что результаты, полученные на ускорителе, смогут ограничить фантазию теоретиков, закрыв некоторые из предложенных конструкций.

Ожидается также обнаружение физических явлений вне рамок Стандартной Модели. Планируется исследование свойств W и Z -бозонов, ядерных взаимодействий при сверхвысоких энергиях, процессов рождения и распадов тяжёлых кварков (b и t).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Период от древнейших времен до начала XVII в. – это становление физики, период накопления физических знаний об отдельных явлениях природы, возникновения отдельных учений. В соответствии с этапами развития общества в нем выделяют эпоху античности, средние века, эпоху Возрождения.

Физика как наука берет начало от Г. Галилея – основоположника точного естествознания. Период от Г. Галилея до И. Ньютона представляет начальную фазу физики, период ее становления.

Последующий период начинается И. Ньютоном, заложившим основы той совокупности законов природы, которая дает возможность понять закономерности большого круга явлений. И. Ньютон построил первую физическую картину мира (механическую картину природы) как завершённую систему механики. Возведенная И. Ньютоном и его последователями, Л. Эйлером, Ж. Даламбером, Ж. Лагранжем, П. Лапласом и другими, грандиозная система классической физики просуществовала незыблемо два века и только в конце XIX в. начала рушиться под напором новых фактов, не укладывающихся в ее рамки. Правда, первый ощутимый удар по физике Ньютона нанесла еще в 60-х годах XIX в. теория электромагнитного поля Максвелла – вторая после ньютоновской механики великая физическая теория, дальнейшее развитие которой углубило ее противоречия с классической механикой и привело к революционным изменениям в физике. Поэтому период классической физики в принятой схеме делится на три этапа: от И. Ньютона до Дж. Максвелла (1687 – 1859), от Дж. Максвелла до В. Рентгена (1860 – 1894) и от В. Рентгена до А. Эйнштейна (1895 – 1904).

Первый этап проходит под знаком полного господства механики Ньютона, его механическая картина мира совершенствуется и уточняется, физика представляется уже целостной наукой. Второй этап начинается с создания в 1860–1865 гг. Дж. Максвеллом общей строгой теории электромагнитных процессов. Используя концепцию поля М. Фарадея, он дал точные пространственно-временные законы электромагнитных явлений в виде системы известных уравнений – уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Теория Максвелла получила дальнейшее развитие в трудах Г. Герца и Х. Лоренца, в результате чего была создана электродинамическая картина мира.

Этап с 1895 по 1904 гг. является периодом революционных открытий и изменений в физике, когда последняя переживала процесс своего преобразования, обновления, периодом перехода к новой, современной физике, фундамент которой заложили специальная теория относительности и квантовая теория.

Начало ее целесообразно отнести к 1905 г. – году создания А. Эйнштейном специальной теории относительности и превращения идеи кванта М. Планка в теорию квантов света, которые ярко продемонстрировали отход от классических представлений и понятий и положили начало созданию новой физической картины мира – квантово-релятивистской. При этом переход от классической физики к современной характеризовался не только возникновением новых идей, открытием новых неожиданных фактов и явлений, но и преобразованием ее духа в целом, возникновением нового способа физического мышления, глубоким изменением методологических принципов физики.

В периоде современной физики целесообразно выделить три этапа: первый этап (1905 – 1931), который характеризуется широким использованием идей релятивизма и квантов и завершается созданием и становлением квантовой механики – четвертой после И. Ньютона фундаментальной физической теории; второй этап – этап атомной физики (1932 - 1954), когда физики проникли на новый уровень материи, в мир атомного ядра, и, наконец, третий этап – этап ядерной физики и физики космоса, – отличительной особенностью которого является изучение явлений в новых пространственно-временных масштабах. При этом за начало отсчета условно можно взять 1955 г., когда физики начали исследовать структуру нуклона, что знаменовало проникновение в новую область пространственно-временных масштабов, на субъядерный уровень. Этот этап совпал во времени с развернувшейся научно-технической революцией, начало ему дали новый уровень производительных сил, новые условия развития человеческого общества. Приведенная ниже периодизация истории физики является условной, однако дает возможность в сочетании с хронологией открытий и фактов более четко представить ход развития физики.

ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ В РАЗВИТИИ ФИЗИКИ

Период становления физики (с древнейших времен до XVII в.)

- Эпоха античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.).
- Средние века (VI – XIV вв.).
- Эпоха Возрождения (XV – XVI вв.).

Период формирования физики как науки (начало XVII в.– 80-е гг. XVII в)

Период классической физики (конец XVII в.– начало XX в.)

- Первый этап (конец XVII в. – 60-е гг. XIX в.).
- Второй этап (60-е гг. XIX в.– 1894 г.).
- Третий этап (1895 – 1904).

Период современной физики (с 1905 г.)

- Первый этап (1905 – 1931).
- Второй этап (1932-1954).
- Третий этап (с 1955).

В течение последних трех столетий естествознание развивалось невероятно динамично. Горизонт научного познания расширился поистине до фантастических размеров. На микроскопическом конце шкалы масштабов физика элементарных частиц вышла на уровень изучения процессов, которые происходят за время около 10^{-23} с и на расстояниях 10^{-15} см. На другом конце шкалы космология и астрофизика изучают процессы, происходящие за время порядка возраста Вселенной 10^{18} с и радиуса Вселенной 10^{28} см. Недавно обнаружены астрономически объекты, свет от которых идет к нам 12 млрд лет. Свет от этих объектов «вышел» тогда, когда до возникновения Земли оставалось еще 7 млрд лет. Человек получает возможность заглянуть в самое начало «творения» Вселенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая Советская энциклопедия. В 30 т. 1970–1977. – М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия» // Большая Советская энциклопедия. М.: Гласнет, 2003. CD-ROM.
2. Большой адронный коллайдер // Википедия – <http://ru.wikipedia.org/wiki/LHC>
3. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов. – М.: Астрель, 2007 – 380 с.
4. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2006. – 496 с.
5. Горохов В.Г. Концепции современно естествознания: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 412 с.
6. Данилова В.С., Кожевников Н.Н. Основные концепции современного естествознания. – М.: Аспект Пресс, 2000.
7. Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники: Учебное пособие для студентов педагогических институтов. – М.: Просвещение, 1965. – 570 с.
8. Кудрявцев П.С. История физики. Т. III. От открытия квант до квантовой механики. – М.: Просвещение, 1971. – 424 с.
9. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. – М.: Просвещение, 1974. – 312 с.
10. Концепции современного естествознания // Бакалавр экономики. В 3-х т. Т. 1. / Видяпин В.И. и др. – М.: Триада-Х, 2000. – 696 с.
11. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: Учебник. – М.: Альфа-М; ИНФРА-М, 2007. – 704 с.

*Штоколов Владимир Анатольевич – paralife@narod.ru
<http://www.ckofr.com>
<http://paralife.narod.ru>
<http://vysockij.com>*